Zitteliana	20	Hagn/Herm-Festschrift	379–387	München, 31. 12. 1993	ISSN 0373-9627

Ungewöhnlicher Eintrag von Fisch-Otolithen in rezente Sedimente bei Helgoland durch Silbermöwen (*Larus argentatus*)

Von

ERLEND MARTINI & BETTINA REICHENBACHER*)

Mit 2 Abbildungen, 1 Tabelle und 1 Tafel

KURZFASSUNG

17 Fischarten wurden mit Hilfe von Otolithen in Sedimenten und in Speiballen von Silbermöwen (*Larus argentatus*) an der Nordküste von Helgoland nachgewiesen. Gadidae (Schellfische) stellen mit ca. 75% den Hauptanteil dar, dann folgen Pleuronectidae (Schollen) mit 11%. Aufgrund der abgeleiteten Größe und der Lebensgewohnheiten der nachgewiesenen Arten kann die Masse der Fische nicht von den Silbermöwen selbst gefangen worden sein, sondern stellt erbeuteten Abfall und Beifang der Fischerei in der südöstlichen Nordsee dar. Dadurch wird der Eintrag von Fisch-Otolithen in die Sedimente um Helgoland drastisch erhöht und die so überlieferte Fauna gegenüber der Zusammensetzung der ortsansässigen Fischfauna verfälscht.

ABSTRACT

17 species of fishes were identified on basis of otoliths in sediments and in pellets of Herring Gulls (*Larus argentatus*) at the northern shore of Heligoland. Gadidae (Cod fishes) are with approximately 75% the most common fishes identified, followed by the Pleuronectidae (Flatfishes) with 11%. However, according to their sizes and normal habitats most of the fishes could not be captured by the Herring Gulls themselves, but were taken from offal and the by-catch of the fishery in the southeastern North Sea. This amounts to an anusual input of fish otoliths into the sediments around Heligoland and to a falsification against the original fish fauna.

1. EINLEITUNG UND VORLIEGENDES MATERIAL

In den Schädelkapseln der meisten Knochenfische (Teleostier) befinden sich in speziellen Ausbuchtungen 3 Paare von aragonitischen Ausscheidungen, die vorzugsweise dem Gleichgewichtsempfinden dienen. Auf diese als Otolithen bezeichneten Gebilde und ihre Bedeutung in der Paläontologie machte bereits KOKEN (1884) aufmerksam. Im allgemeinen sind die in der als Saccula bezeichneten Ausbuchtung befindlichen Sagitten die größten der 3 Otolithen-Paare. Sie lassen arttypische Merkmale erkennen und zeigen zyklische Zuwachsraten. Dadurch können sie zur Art- und Altersbestimmung von Fischen eingesetzt werden, d. h. fossile Fisch-Gemeinschaften sind rekonstruierbar. Gelegentlich wird auch der wesentlich kleinere, aus dem Utriculus stammende Lapillus in Sedimenten und in Fischresten gefunden.

Auf die Wichtigkeit von Fisch-Otolithen bei der rezenten Nahrungsanalyse von Lariden (Möwen) wiesen erstmals VAUK & GRÄFE (1961) hin. Entsprechende Untersuchungen an Raubseeschwalben (*Hydroprogne caspia*) und Westmöwen (*Larus occidentalis*) in Kalifornien basierten im wesentlichen auf der Bestimmung von Otolithen (MARTINI 1964a, 1966). Desglei-

*) Prof. Dr. ERLEND MARTINI, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, Senckenberg-Anlage 32-34, D-60325 Frankfurt am Main, Dr. BETTINA REICHENBACHER, Geologisches Institut der Universität, Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe

chen wurden zur Bestimmung des Fischanteils in der Nahrung verschiedener Silbermöwen-Populationen (*Larus argentatus*) in Norddeutschland Otolithen benutzt (u. a. LOHMER & VAUK 1969). Fisch-Otolithen wurden auch bei der Nahrungsanalyse von Pelikanen (DIXON 1971) und Kormoranen (AINLEY, ANDERSON & KELLY 1981, DUFFY & LAURENSON 1983) erfolgreich eingesetzt.

Durch Abgabe von Speiballen und/oder Kot mit Fisch-Otolithen in der Umgebung von Brut- und Rastplätzen der oben erwähnten Vögel können diese Fischreste sekundär in den Sedimenten angereichert werden. Im Rahmen seiner „Aktuopaläontologischen Beobachtungen" berichtete SCHAFER (1966) von einer derartigen Otolithen-Anreicherung durch Silbermöwen (*Larus argentatus*) auf Helgoland und diskutierte den Eintrag dieser Hartteile in die rezenten Sedimente. Er nannte Wittling (*Merlangius merlangus*), Dorsch (*Gadus morhua*), Scholle (*Pleuronectes platessa*), Steinbutt (*Scophthalmus maximus*) und Seezunge (*Solea solea*) als Fanggut, machte jedoch keine Angaben über die Anteile dieser Arten in der Gesamtfischnahrung der Silbermöwen. Als Hauptnahrungsquelle sah er den Beifang und die Verarbeitungsmethoden der Fischer in den helgoländer Gewässern an, die es den Möwen ermöglichten, auch an Reste von größeren Fischen zu gelangen.

Nach SCHAFER (1966) und eigenen Beobachtungen hielten sich in den Sommermonaten der 60er-Jahre zu bestimmten Tageszeiten Trupps von 100 bis 150 Silbermöwen auf der Nordmole auf und gaben Speiballen mit Fischresten an die Umgebung als Verdauungsprodukte ab. In den 70er-Jahren lagen die Zahlen deutlich höher und erreichten im November/Dezember über 1000 Exemplare auf Gesamt-Helgoland (LOHMER & VAUK 1984).

Grundlage für die nachfolgenden Untersuchungen über die Fischarten und deren Anteile, die den rezenten Sedimenten von Helgoland durch die Silbermöwen zugeführt werden, bildeten Aufsammlungen, die am 20.8.1968 und am 21.8.1968 im Bereich der Nordmole von Helgoland (Abb. 1) auf der Mole selbst und am Molenfuß vorgenommen wurden. Eine willkürlich zusammengekratzte, Fischreste enthaltende Probe vom Molenfuß (20.8.1968) enthielt bei einem Trockengewicht von 975 g einen Fischrest-Anteil von 270 g in Form von Wirbeln, Gräten usw. und 5 g an Otolithen. Zur Feststellung des Otolithen-Anteils in einzelnen Speiballen wurden am 21.8.1968 zusätzlich Einzel-Speiballen und Ergänzungsproben von der Mole und vom Molenfuß eingesammelt.

Die Bestimmung der Sagitten (Slg. MARTINI) wurde nach HARKONEN (1986) und eigenem Vergleichsmaterial durchgeführt. Für die Unterstützung bei der Aufsammlung danken wir Frau Dr. C. MULLER (Paris), für Hinweise und Diskussion



Abb. 2: Silbermöwen-Speiballen aus Fischwirbeln, zerbrochenen Otolithen von *Merlangius merlangus* und Gräten bestehend. Helgoland-Nordmole, 21.8.1968. Vergrößerung 1,3 fach.



Abb. 1: Nordmole von Helgoland mit rastenden Silbermöwen (*Larus argentatus*). Aufnahme 21.8.1968.

Herrn Dr. W. Schwarzhans (Duisburg) und für fotografische und rasterelektronenmikroskopische Arbeiten Herrn B. Kahl und Herrn Dipl.-Geol. W. Schiller (beide Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Frankfurt am Main).

2. BESCHREIBUNG DER GEFUNDENEN FISCH-OTOLITHEN

Sämtliche Otolithen der Aufsammlungen von der helgoländer Nordmole wurden isoliert und nach Möglichkeit bestimmt. Eine Übersicht gibt Spalte 1 der Tabelle 1. Ein Teil der Sagitten, insbesondere die der Gadiden (Schellfische) ist stark zerbrochen, was die Bestimmung und Zählung in einigen Fällen behindert. Trotzdem wurde versucht, auch Bruchstücke einzelnen Arten zuzuordnen. Sagitten-Bruchstücke, die nicht mehr artlich bestimmbar waren, wurden noch in Gadiden- und Nicht-Gadiden-Reste unterteilt. 2 Lapilli konnten ebenfalls artlich nicht bestimmt werden. Bei den Zahlenangaben wurden Sagitten-Bruchstücke als vollständige Stücke gezählt, wenn mehr als die Hälfte oder ein großes Mittelstück erhalten war. Teilstücke sind solche Reste, die kleinere Bruchstücke aus dem Mittelfeld und von Enden repräsentieren und möglicherweise zu einem größeren Bruchstück gehören könnten. Zur besseren Orientierung wird in der Beschreibung und in der Tabelle 1 die Familien-Nummer nach der Liste von Nelson (1984) angegeben. Die Angaben zu den Lebensräumen der nachgewiesenen Fische wurden aus Whitehead et al. (1986) entnommen.

Familien-Nummer / Art		Helgoland				Amrum	Sylt	
		1	2	3	4	5	6	7
49	*Anguilla anguilla*				●			
69	*Clupea harengus*	●						
	Sprattus sprattus	●						
174	*Gadus morhua*	■	■	■	▲	●	■	■
	Trisopterus minutus	■		■	▲			
	Melanogrammus aeglefinus			▲	●		●	●
	Merlangius merlangus	■	■	■	■	●	▲	●
	Micromesistius poutassou	■		●			●	●
	Pollachius virens	■		▲			■	▲
202	*Belone belone*						●	●
259	*Siphonostoma typhle*			●				
268	*Eutrigla gurnardus*	▲						
276	*Cottus scorpius*			●				
280	*Agonus cataphractus*				●		●	●
306	*Trachurus trachurus*	●						
366	*Anarrhichas lupus*			●				
398	*Hyperoplus lanceolatus*	■						
	Ammodytes marinus	■						
403	*Pomatoschistus minutus*	●					■	■
414	*Scomber scombrus*	●		▲				
434	*Scophtalmus maximus*		▲					
435	*Pleuronectes platessa*	●			●	●	■	■
	Platichthys flesus						●	●
	Limanda limanda	■		■	●		■	■
	Microstomus kitt	●						
437	*Solea solea*	●	▲	●			▲	▲
	unbest. Gadiden-Reste	■		●		■	●	
	unbest. Nicht-Gadiden-Reste	▲						
	unbest. Lapilli	●						

Tab. 1: Arten und Häufigkeit von Fisch-Otolithen in frischen und zusammengespülten Nahrungsresten von Silbermöwen *(Larus argentatus)* auf Helgoland (1: vorliegende Untersuchung, 2: Schafer 1966, 3: Lohmer & Vauk 1969, 4: Löhmer & Vauk 1970), auf Amrum (5: Vauk & Lohmer 1969) und auf Sylt (6: Hartwig & Söhl 1975, 7: Hartwig & Sohl 1979).

Kreis: 1-3 Exemplare, Dreieck: 4-10 Exemplare, Rechteck: mehr als 10 Exemplare.

Familie Clupeidae (Nr. 69)

Clupea harengus Linnaeus 1758 (Hering)

M a t e r i a l : 1 Sagitta.

B e m e r k u n g : Die Sagitta kann trotz der unvollständigen Erhaltung aufgrund der guten Übereinstimmung mit dem zur Verfügung stehenden rezenten Vergleichsmaterial als *Clupea harengus* bestimmt werden. Der Hinterrand der Sagitta zeigt die für die Art charakteristische mediane Einkerbung, der Dorsalrand ist gelappt und der Ventralrand schwach gewölbt.

L e b e n s r a u m : Von der Küste bis in 200 m Tiefe, Jungfische halten sich überwiegend in seichtem Wasser auf.

Sprattus sprattus (Linnaeus, 1758) (Sprotte)
Taf. 1, Fig. 7

M a t e r i a l : 2 Sagitten.

M a ß e (in mm): L = 1,64/1,68; H = 1,04/1,0; L/H = 1,6/1,7.

Beschreibung: Verhältnismäßig flache und dünne Sagitten mit zerlapptem, leicht konvexen Ventralrand und gewölbtem, gleichfalls mehr oder weniger zerlapptem Dorsalrand. Der Hinterrand ist mit einer Kerbe vom Dorsalrand abgesetzt und stumpf zugespitzt. Das kräftige Rostrum springt weit hervor und endet stumpf, ein Antirostrum ist angedeutet. Der vorne offene, breite Sulcus erstreckt sich bis nahe an den Hinterrand, die Cauda ist nur undeutlich geschlossen. Das Ostium ist gegenüber der Cauda vertieft, die leistenförmige Crista inferior sehr kräftig entwickelt, die Crista superior angedeutet. Eine Ventrallinie ist nicht erkennbar, die halbmondförmige Area nur wenig eingetieft.

B e m e r k u n g : Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge adulten Fischen von etwa 10 cm Totallänge zugeordnet werden (nach Harkonen 1986).

L e b e n s r a u m : Überwiegend in küstennahen, flachen Gewässern, selten auch in küstenfernen Gewässern verbreitet.

Familie Gadidae (Nr. 174)

Gadus morhua Linnaeus 1758 (Dorsch)
Taf. 1, Fig. 1-2

M a t e r i a l : 79 Sagitten, 19 Teilstücke.

M a ß e (in mm): L = 9,0-11,5; H = 4,0-5,3; L/H = 2,2-2,3.

B e s c h r e i b u n g : Längliche Sagitten mit leicht konvexer Innenseite und konkaver, durch zahlreiche längliche Seg-

mente stark gegliederte Außenseite. Dorsal- und Ventralrand kräftig gekerbt, Hinterrand stumpf zugespitzt, Vorderrand schräg von vorne/unten nach hinten/oben verlaufend. Der gerade, verhältnismäßig breite, vorne und hinten geschlossene Sulcus erstreckt sich nahezu über die gesamte Länge der Sagitta. Am Übergang Ostium-Cauda ist er eingeschnürt, die Cauda ist deutlich länger als das Ostium. Die Crista inferior ist gut entwickelt, die Crista superior etwas schwächer ausgeprägt. Der Sulcus ist durch zahlreiche Colliculi ausgefüllt (nach HARKÖNEN).

Bemerkung: Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge noch nicht ganz ausgewachsenen Fischen von einer Totallänge zwischen 25 und 40 cm zugeordnet werden.

Lebensraum: Gelegentlich in Küstennähe, in der Regel jedoch in 150-200 m Wassertiefe, auch in Tiefen von über 600 m.

Trisopterus minutus (LINNAEUS 1758) (Zwergdorsch)
Taf. 1, Fig. 4-6

Material: 24 Sagitten und 5 Teilstücke.

Maße (in mm): L = 6,8-9,2; H = 3,0-4,2; L/H = 2,1-2,3.

Beschreibung: Tropfenförmige, nach hinten spitz zulaufende Sagitten mit stark konvexer Innenseite und ebener bis konkaver, mit großen Höckern besetzter Außenseite. Der supramedian gelegene, längliche Sulcus erstreckt sich nahezu über die gesamte Sagitta und ist deutlich in ein kürzeres Ostium und eine längere Cauda gegliedert. Die Ventrallinie ist tief eingeschnitten, die Area lang, schmal und seicht.

Bemerkung: Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge zum Teil adulten Fischen, zum Teil Jungfischen von einer Totallänge zwischen 14 und 20 cm zugeordnet werden (nach HÄRKONEN 1986).

Lebensraum: In Tiefen zwischen 30 und 300 m, kleine Jungfische sind auch an den Küsten in seichtem Wasser verbreitet.

Merlangius merlangus (LINNAEUS 1758) (Wittling)
Taf. 1, Fig. 3

Material: 134 Sagitten und 63 Teilstücke.

Maße (in mm): L = ca. 6,0-12,0; H = 2,3-4,5; L/H = 2,6-2,9.

Beschreibung: Lange, schmale, nach hinten spitz zulaufende, sehr dünne Sagitten. Innenseite plan, Außenseite leicht konkav und mit zahlreichen länglichen Höckern besetzt. Die Ränder sind stark gekerbt, ein Rostrum ist nicht erkennbar. Der schmale, sich annähernd über die gesamte Länge der Sagitta erstreckende Sulcus ist in ein verhältnismäßig kurzes Ostium und eine lange Cauda gegliedert.

Bemerkung: Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge Jungfischen bis etwa 20 cm Totallänge zugeordnet werden (nach HARKÖNEN 1986).

Lebensraum: Über sandigem oder tonigem Untergrund, in Tiefen zwischen 30 und 100 m. Junge Fische leben in flachen, küstennahen Gewässern in 5 bis 30 m Tiefe.

Micromesistius poutassou (RISSO 1826) (Blauer Wittling)

Material: 30 unvollständige Sagitten.

Beschreibung: Die vorliegenden Sagitten-Reste zeigen die charakteristischen Merkmale der Art: lanzenförmige Form mit mehr oder weniger geradem Dorsal- und Ventralrand, hinteres Ende geringfügig zugespitzt, vorderes Ende abgerundet oder abgestutzt, sehr ausgeprägte Ventrallinie. Der Sulcus ist kaum vertieft und umfaßt die Sagitta nahezu in ihrer gesamten Länge. Das verhältnismäßig kurze Ostium ist von der Cauda mit einem Knick abgesetzt und gegenüber der Cauda etwas nach oben verschoben, der Sulcus-Unterrand zeigt am Übergang Ostium-Cauda eine konkave Einbuchtung. Die Außenseite ist bei großen Sagitten fast glatt, bei kleinen dagegen in zahlreiche längliche Segmente zerlegt.

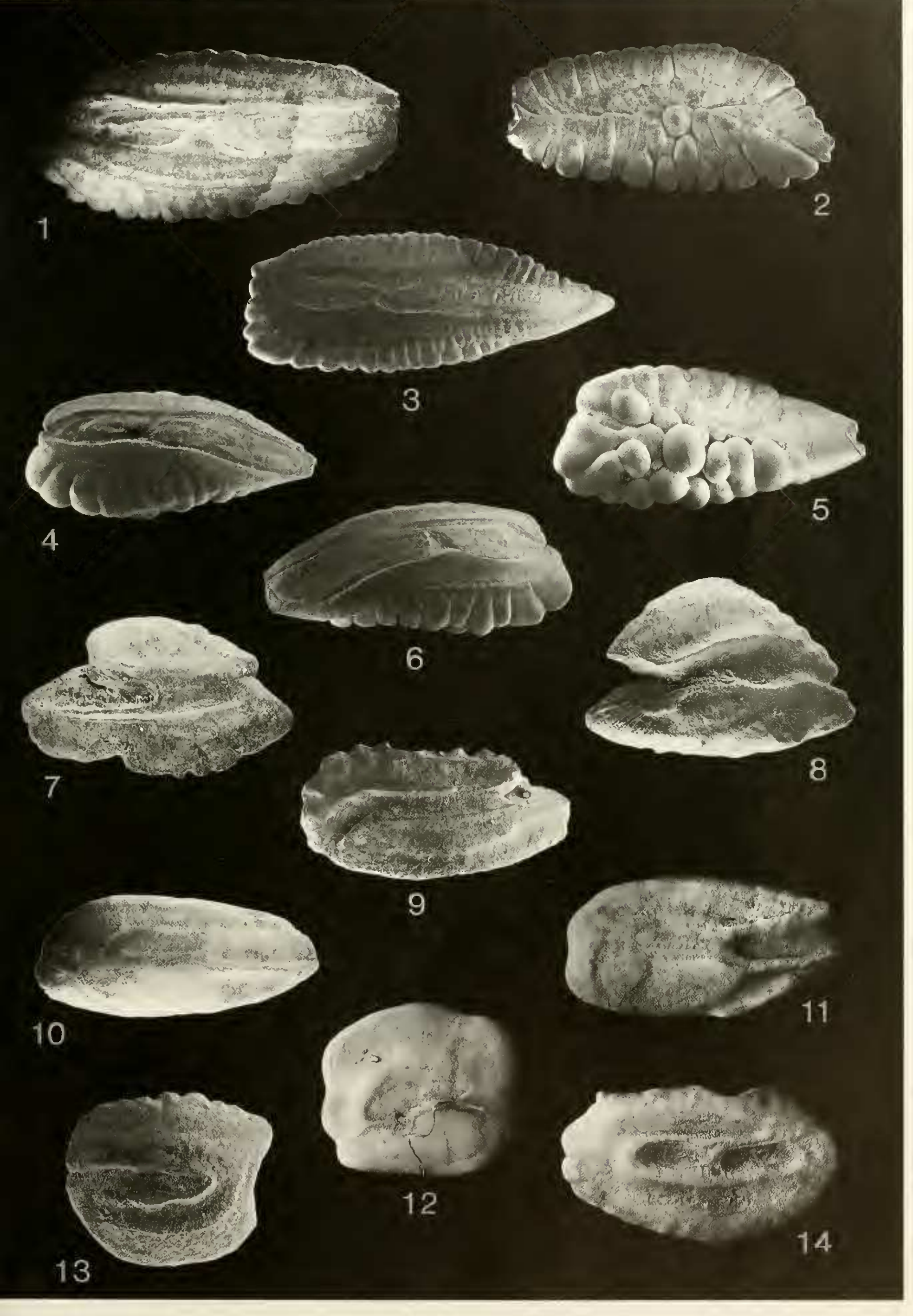
Lebensraum: Hochseefische, die sich in Wassertiefen zwischen 160 und 3000 m meistens in der mittleren Wassersäule aufhalten; Jungfische kommen auch in flachen Gewässern vor.

Pollachius virens (LINNAEUS 1758) (Kohler)

Material: 73 unvollständige Sagitten und 7 Teilstücke.

Beschreibung: Langgestreckte Sagitten mit konvexer Innenseite und konkaver, in kräftige, längliche Segmente zerlegter Außenseite. Dorsal- und Ventralrand zerlappt, Ventralrand mehr oder weniger gerade, Dorsalrand mit kleinem Medianknick versehen. Antirostrum klein und stumpf zugespitzt, Rostrum nahe am Ventralrand gelegen und abgerundet. Der lange, nur flach eingetiefte Sulcus ist in ein kleineres Ostium und eine größere Cauda gegliedert.

Tafel 1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Fisch-Otolithen aus Silbermöwen-Speiballen von der Nordmole auf Helgoland.
Fig. 1-2 *Gadus morhua* LINNAEUS 1758. - Fig. 1: Rechte Sagitta, Innenseite, x 6; Fig. 2: Rechte Sagitta, Außenseite, x 6,5.
Fig. 3 *Merlangius merlangus* (LINNAEUS 1758). - Rechte Sagitta, Innenseite, x 6.
Fig. 4-6 *Trisopterus minutus* (LINNAEUS 1758). - Fig. 4: Rechte Sagitta, Innenseite, x 8; Fig. 5: Linke Sagitta, Außenseite, x 7,5; Fig. 6: Linke Sagitta, Innenseite, x 7.
Fig. 7 *Sprattus sprattus* (LINNAEUS 1758). - Rechte Sagitta, Innenseite, x 33.
Fig. 8 *Eutrigla gurnardus* (LINNAEUS 1758). - Rechte Sagitta, Innenseite, x 17.
Fig. 9 *Trachurus trachurus* (LINNAEUS 1758). - Linke Sagitta, Innenseite, x 11.
Fig. 10 *Hyperoplus lanceolatus* (LESAUVAGE 1824). - Linke Sagitta, Innenseite, x 18.
Fig. 11 *Ammodytes marinus* RAITT 1934. - Linke Sagitta, Innenseite, x 20.
Fig. 12 *Pomatoschistus minutus* (PALLAS 1770). - Rechte Sagitta, Innenseite, x 30.
Fig. 13 *Solea solea* (LINNAEUS 1758). - Rechte Sagitta, Innenseite, x 14.
Fig. 14 *Limanda limanda* (LINNAEUS 1758). - Linke Sagitta, Innenseite, x 13,5


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

L e b e n s r a u m : Küstennah und küstenfern; im allgemeinen halten die Fische sich nahe am Untergrund oder etwa in der Mitte der Wassersäule auf.

Familie Triglidae (Nr. 268)

Eutrigla gurnardus (LINNAEUS 1758) (Grauer Knurrhahn)
Taf. 1, Fig. 8

M a t e r i a l : 2 Sagitten und 4 Teilstücke.

Maße (in mm): L = 3,1/3,5; H = 2,2/2,6; L/H = 1,3-1,4.

B e s c h r e i b u n g : Sagitten von dreieckiger Form mit schwach konvexer Innenseite und konkaver Außenseite. Dorsalrand sehr stark gewölbt, Ventralrand nur leicht gewölbt, alle Ränder schwach gewellt. Das Rostrum ist stumpf zugespitzt und ragt gegenüber dem kleinen, gleichfalls stumpf zugespitzten und gut entwickelten Antirostrum weit hervor. Die tiefe, verhältnismäßig breite, etwa S-förmig geschwungene Cauda erreicht fast den Hinterrand der Sagitta und ist am Übergang Ostium-Cauda ein wenig eingeschnürt.

B e m e r k u n g : Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge noch nicht ganz ausgewachsenen Fischen von einer Totallänge zwischen 20 und 25 cm zugeordnet werden (nach HARKONEN 1986).

L e b e n s r a u m : Vor allem in Küstennähe bis in 140 m Tiefe verbreitet. Meistens halten sie sich nahe am Boden über Sandgründen, seltener auch über steinigem Untergrund auf.

Familie Carangidae (Nr. 306)

Trachurus trachurus (LINNAEUS 1758) (Bastardmakrele)
Taf. 1, Fig. 9.

M a t e r i a l : 2 Sagitten.

M a ß e (in mm): L = 8,0; H = 3,8; L/H = 2,1.

B e s c h r e i b u n g : Längliche Sagitta mit geradem, etwas zerlapptem Dorsalrand und schwach gewölbtem Ventralrand sowie einem steil abfallenden, gewellten Hinterrand. Innenseite konvex, Außenseite konkav. Das kräftige Rostrum springt gegenüber dem abgerundeten Antirostrum weit hervor und endet mit stumpfer Spitze. Der Sulcus ist in ein kleines, V-förmig ausgeschnittenes Ostium und eine sehr lange, schmale, am Ende nach unten abbiegende Cauda gegliedert. Die Crista superior und Crista inferior sind in Form schmaler Leisten gut entwickelt. Eine Ventrallinie ist angedeutet, die ovale Area nur wenig vertieft.

B e m e r k u n g : Die vorliegenden Sagitten gehören vermutlich zu ein und demselben Fisch und können aufgrund ihrer Länge einem nahezu ausgewachsenen Fisch von etwa 25 cm Totallänge zugeordnet werden (nach HARKONEN 1986).

L e b e n s r a u m : In 100-200 m Tiefe, gewöhnlich über Sandböden; auch pelagisch.

Familie Ammodytidae (Nr. 398)

Hyperoplus lanceolatus (LESAUVAGE 1824)
(Großer Sandspierling)
Taf. 1, Fig. 10

M a t e r i a l : 31 Sagitten.

M a ß e (in mm): L = 2,0-3,7; H = 1,0-1,8; L/H = 1,9-2,2.

B e s c h r e i b u n g : Lanzenförmige, nach vorne sich verjüngende Sagitten mit schwach konvexer Innenseite und planer Außenseite. Insgesamt ähnlich wie *A. marinus* oder *A. tobianus*, Antirostrum jedoch kaum entwickelt oder fehlend und Dorsal- und Ventralrand gegenüber den *Ammodytes*-Arten etwas flacher gewölbt.

B e m e r k u n g : Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge Jungfischen von einer Totallänge zwischen 10 und 20 cm zugeordnet werden (nach HÄRKONEN 1986).

L e b e n s r a u m : Küstennah und küstenfern, bis 60 m Tiefe.

Ammodytes marinus RAITT 1934 (Sandaal)
Taf. 1, Fig. 11

M a t e r i a l : 20 Sagitten.

M a ß e (in mm): L = 2,5-3,3; H = 1,3-1,8; L/H = 1,7-2,2, meist 1,8-1,9.

B e s c h r e i b u n g : Länglich-ovale Sagitten mit schwach gewölbter Innenseite und planer Außenseite. Dorsal- und Ventralrand mäßig gewölbt, Hinterrand abgerundet oder median eingebuchtet, eine postdorsale Ecke kann entwickelt sein, kann aber auch fehlen. Alle Ränder verhältnismäßig glatt bis geringfügig gewellt. Das zugespitzte Rostrum ragt bei einigen Sagitten nur wenig, bei anderen Sagitten sehr deutlich gegenüber dem gut entwickelten bis zugespitzten Antirostrum hervor. Sulcus median bis leicht supramedian gelegen, etwa 2/3 der Sagitta umfassend. Cauda und Ostium etwa gleich groß, die Cauda endet rund, das Ostium mündet in die Rostrumspitze. Bei nahezu allen Sagitten sind im Bereich des Ostiums die Crista superior und Crista inferior sehr kräftig entwickelt. Ventralfeld stark gewölbt, Ventrallinie sehr deutlich ausgeprägt. Die Area ist lang und schmal und nur wenig vertieft.

B e m e r k u n g : Nach HÄRKONEN (1986) sind Sagitten der nahe verwandten Arten *A. marinus* RAITT, 1934 und *A. tobianus* LINNAEUS, 1758 nicht immer eindeutig voneinander unterscheidbar. Die hier verfügbaren Sagitten besitzen eine verhältnismäßig regelmäßige Form und ziemlich glatte Ränder, was für eine Zuordnung zu *A. marinus* spricht.

Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge zum Teil Jungfischen und zum Teil annähernd ausgewachsenen Fischen von einer Totallänge zwischen ca. 13 und 17 cm zugeordnet werden (nach HÄRKÖNEN 1986).

L e b e n s r a u m : Küstenfern; im Sandboden begraben oder in Schulen frei schwimmend.

Familie Gobiidae (Nr. 403)

Pomatoschistus minutus (PALLAS 1770) (Sandgrundel)
Taf. 1, Fig. 12

Material: 3 Sagitten.

Maße (in mm): L = 0,8/1,0/1,0; H = 1,0/1,2/1,5; L/H = 0,7-0,8.

Beschreibung: Leicht abgerundete Sagitten. Dorsalrand gewölbt und mit Medianknick, posterodorsaler Lappen gut entwickelt. Seitenränder gewellt oder in der Mitte eingebuchtet, steil abfallend. Ventralrand gerade oder leicht nach vorne ansteigend.

Bemerkung: Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Höhe Jungfischen von einer Totallänge zwischen ca. 3 und 6 cm zugeordnet werden (nach HÄRKONEN 1986).

Lebensraum: Auf sandigen oder tonig-sandigen Böden, im allgemeinen bis 20 m Tiefe, Jungfische auch in flachen Ästuaren.

Familie Scombridae (Nr. 414)

Scomber scombrus (LINNAEUS 1758) (Makrele)

Material: 2 unvollständige Sagitten.

Beschreibung: Die Sagitten zeigen den für die Art charakteristischen, tiefen, breiten, am Ende nach unten abknikkenden und nur wenig oberhalb des Ventralrandes endenden Sulcus. Der Ventralrand ist glatt, der Dorsalrand kräftig gelappt. Die Innenseite ist konvex, die Außenseite konkav.

Lebensraum: In 200-250 m Tiefe.

Familie Pleuronectidae (Nr. 435)

Pleuronectes platessa LINNAEUS 1758 (Scholle)

Material: 2 Sagitten.

Maße (in mm): L = 3,1/3,8; H = 2,0/2,9; L/H = 1,3-1,5.

Beschreibung: Rundliche, verhältnismäßig flache Sagitten mit sehr schwach konvexer Außen- und Innenseite. Dorsalrand kaum gewölbt, Ventralrand stark konvex mit Medianknick, Hinterrand breit gerundet. Rostrum wenig entwickelt und abgerundet, ein Antirostrum ist angedeutet. Der schmale Sulcus ist etwa median gelegen und kräftig eingetieft. Er ist in eine sehr kleine Cauda und ein schmales, längliches Ostium gegliedert, zwischen Cauda und Ostium ist ein kleiner Steg entwickelt.

Bemerkung: Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge Jungfischen von etwa 15 cm Totallänge zugeordnet werden (nach HARKONEN 1986).

Lebensraum: Meistens in Küstennähe; von wenigen Metern bis in ca. 100 m Tiefe. Jungfische sind eher im Flachwasser verbreitet.

Limanda limanda (LINNAEUS 1758) (Kliesche)
Taf. 1, Fig. 14

Material: 35 Sagitten und 11 Teilstücke.

Maße (in mm): L = 3,0-5,3; H = 2,0-3,5; L/H =1,3-1,7.

Beschreibung: Längliche, ovale Sagitten mit leicht gewölbter Innenseite und fast flacher Außenseite. Dorsalrand unregelmäßig: glatt oder gewellt, bei einigen Stücken mit einer tiefen, vor der Mitte gelegenen Kerbe. Bei fast allen Stücken ist eine kleine, zipfelförmige Spitze am posterodorsalen Umgang entwickelt. Hinterrand im allgemeinen leicht bis kräftig gewellt, Ventralrand stark konvex. Rostrum gut entwickelt und abgerundet, nur bei wenigen Stücken ist ein Antirostrum angedeutet, sonst fehlt es. Der schmale, median gelegene, längliche Sulcus ist in ein schmales Ostium und eine geringfügig kürzere Cauda gegliedert. Am Übergang Ostium-Cauda ist ein breites, stegartig hervorstehendes Colliculum ausgeprägt.

Bemerkung: Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge teils Jungfischen, teils nahezu ausgewachsenen Fischen von einer Totallänge zwischen ca. 12 und 25 cm zugeordnet werden (nach HARKONEN 1986).

Lebensraum: Über Sandböden in einer Tiefe von wenigen Metern bis etwa 100 m.

Microstomus kitt (WALBAUM 1792) (Limande)

Material: 1 unvollständige Sagitta.

Bemerkung: Die Sagitta wird trotz der schlechten Erhaltung aufgrund der guten Übereinstimmung mit dem vorliegenden rezenten Vergleichsmaterial als *Microstomus kitt* bestimmt.

Lebensraum: Bevorzugt nahe der Küste über steinigem Untergrund in 20-200 m Tiefe.

Familie Soleidae (Nr. 437)

Solea solea (LINNAEUS 1758) (Seezunge)
Taf. 1, Fig. 13

Material: 3 Sagitten.

Maße (in mm): L = 1,6/1,7/2,6; H = 1,5/1,5/2,4; L/H = 1,1.

Beschreibung: Mehr oder weniger rundliche bis viereckige Sagitten mit sehr schwach gewölbtem Dorsal- und Ventralrand. Ränder glatt oder gekerbt, ein kleiner posterodorsaler Lappen ist angedeutet, der Hinterrand ist median leicht eingebuchtet. Charakteristisch ist der abgeschrägte anteroventrale Bereich. Der median gelegene, von einer Art Wall umgebene Sulcus ist in eine kleine Cauda und ein verhältnismäßig langes Ostium gegliedert.

Bemerkung: Die vorliegenden Sagitten können aufgrund ihrer Länge Jungfischen von einer Totallänge zwischen ca. 13 und 20 cm zugeordnet werden (nach HARKONEN 1986).

Lebensraum: Auf sandigen oder tonigen Böden, von der Küste bis in 200 m Tiefe.

3. DISKUSSION

Massensterben von Fischen können u. a. durch „red-tides" (Massenvermehrung und -sterben von Dinoflagellaten, Freisetzung von Giftstoffen und Sauerstoffmangel durch Verwesungsvorgänge), Salzgehaltsschwankungen und Sauerstoffmangel (flache Gewässer, starke Erhitzung durch Sonneneinstrahlung) verursacht werden (BRONGERSMA-SANDERS 1957, MARTINI 1984). Aufgrund von Verwesungsvorgängen und anschließender Frachtsonderung können dabei Otolithen besonders im küstennahen Bereich angereichert werden. Zahlreiche fossile Massenvorkommen von Fisch-Otolithen, z. B. die des mitteloligozänen „Stettiner Gesteins" (RICHTER 1928, MARTINI 1964b) werden so erklärt. Nach den Erfahrungen über Otolithen-Anreicherungen insbesondere durch Vögel (siehe SCHAFER 1966, DIXON 1971, vorliegende Untersuchung) sollten Massenvorkommen von Fisch-Otolithen in Sedimenten auch unter dem Gesichtspunkt der sekundären Anreicherung durch Wirbeltiere (Fische, Vögel, Meeressäuger, Mensch; Lit. in HÄRKÖNEN 1986) betrachtet werden.

Die hier durch Otolithen nachgewiesene Fischfauna entspricht weder in der artlichen noch in der prozentualen Zusammensetzung der um Helgoland lebenden Fauna. Bestimmte Arten sind überrepräsentiert, andere fehlen vollständig. Die vorliegende Untersuchung der Fischfauna ergab einen Anteil von 74,6 % Gadiden und 11,6 % Plattfische, während LOHMER & VAUK (1969) sogar von einem Anteil von 92,7 % Gadiden und nur 4,5 % Plattfische berichten. Untersuchungen auf Sylt haben dagegen nur einen Anteil von 41,1 % Gadiden, aber 46,5 % Plattfische erbracht (HARTWIG & SOHL 1975), während Fischreste in Speiballen auf Amrum nur ganz untergeordnet vorkommen (VAUK & LÖHMER 1969; siehe hierzu auch Tabelle 1). Diese Zusammensetzung der aufgrund der Otolithen ermittelten Fischfauna läßt gegenüber der eigentlichen Fischfauna von Helgoland deutliche Unterschiede erkennen. Nach DUNCKER (1960) sind *Trisopterus minutus* und *Micromesistius poutassou* um Helgoland sehr selten, dagegen *Scomber scombrus* und *Pleuronectes platessa* sehr häufig. Die dieser Untersuchung zugrunde liegenden Otolithen zeigen genau das Gegenteil an.

Die Erhaltung der Otolithen, insbesondere die der Gadiden, weist auf besondere Beanspruchung hin, während die kleineren Plattfisch- und Sandaal-Otolithen meist gut erhalten sind. SCHAFER (1966) führt die schlechte Erhaltung auf die Zerkleinerung der großen Otolithen in den kräftigen Muskelmägen der Möwen zurück. Dies mag zum Teil zutreffend sein. Eine Zerkleinerung kann aber auch durch Mehrfachverspeisung (MARTINI 1966: Schmarotzerverhalten von Möwen bei Kormoranen) oder durch mechanische Einwirkung auf die Schädelkapsel und die darin enthaltenen Otolithen verursacht werden. Gerade letzteres scheint in den vorliegenden Fällen zur Zerstückelung der Otolithen beigetragen zu haben. Mehrfach wurden in den Speiballen der Möwen Otolithen-Paare gefunden, die gleiche Abbrüche und fehlende Teile aufwiesen, wie sie nur bei gleichzeitiger Zerstörung der dicht nebeneinander in der Schädelkapsel liegenden Otolithen möglich sind. Möwen sind außerordentlich anpassungsfähig und nutzen rasch jede neue Nahrungsquelle bis hin zu Fischmärkten und Müllkippen (GOETHE 1956, VAUK & PRÜTER 1987). Auffallend hoch ist in der Nahrung der helgoländer Silbermöwen der Fischanteil: bei homogenen Speiballen allein 55,2 %, zuzüglich der Fischanteile in heterogenen Speiballen (LÖHMER & VAUK 1969). Die meisten der in Tabelle 1 zusammengestellten Fischarten können jedoch aufgrund ihrer Lebensweise und Größe von den Silbermöwen nicht aktiv selbst gefangen werden, es sei denn, die Fische werden als Strandleichen von den Möwen gefunden.

Helgoland hat eine lange Fischfangtradition auf Makrelen, Platt- und Schellfische, wobei neben Leinen auch Schleppnetze verwendet werden (SIEBS & WOHLENBERG 1953). Mit der Änderung der Verarbeitungsmethoden und der Ansprüche an die Ware ergaben sich für die Möwen günstige Möglichkeiten Verarbeitungsabfall und Beifang als Nahrungsquelle zu nutzen (s. a. SCHAFER 1966). Die aufgrund der Funde in den Speiballen und Sedimenten in der Nähe der Möwen-Rastplätze ermittelte Zusammensetzung der Fischfauna, die über die Otolithen errechenbare Größe der Fische (Totallänge der Fische bis 40 cm) sowie die Erhaltung der Otolithen sprechen eindeutig für eine derartige Nutzung. Dies wird ferner bestätigt durch die Anzahl der Otolithen in Einzel-Speiballen, die die normale Zahl von einem Paar bei größeren Fischen deutlich überschreitet. So wurden z. B. in dem auf Abb. 2 wiedergegebenen Speiballen Otolithen-Bruchstücke von 4 mittelgroßen Wittlingen (*Merlangius merlangus*) gefunden.

Eine weitere Möglichkeit Fische zu erbeuten, ist auf Helgoland durch die Trottellummen-Kolonie gegeben, in der die Silbermöwen als Nahrungsschmarotzer tätig sind (VAUK 1962, VAUK & PRÜTER 1987). Lummen erbeuten nach BEZZEL (1985) nahe der Oberfläche lebende Schwarmfische wie Hering, Sprotte, Sandaale, Dorsche usw. mit Vorzugslängen zwischen 9 und 12,5 cm (Extreme 5 bis 17,5 cm).

In der Zusammensetzung der Fischarten ergeben sich je nach Fangsaison und Anwesenheit der Trottellummen sicherlich erhebliche jahreszeitliche Unterschiede, die jedoch bei der Überführung der Otolithen in die Sedimente verwischt und ausgeglichen werden. Die so überlieferten Fisch-Gemeinschaften spiegeln nicht - wie eingangs bereits festgestellt wurde - die normale Zusammensetzung der helgoländer Fischfauna wider.

Hochrechnungen, wieviele Otolithen auf diese Weise den Sedimenten zugeführt werden, sind aufgrund der wechselnden Bedingungen (Anzahl der rastenden Möwen, Anteil der Fischnahrung an der Gesamtnahrung, Verfrachtung der Fischreste) ziemlich spekulativ. SCHÄFER (1966) gibt für 1 l schilliges Sediment vom Molenfuß ca. 3200 Otolithen und ihre Bruchstücke an. Bei einem Bestand von 120 Silbermöwen, die pro Tag jeweils 1 Speiballen mit im Schnitt 4 Otolithen abgeben, errechnete er für ein Jahr eine Zufuhr von 175200 Otolithen in die Sedimente. Unsere Sedimentprobe vom Molenfuß mit einem Trockengewicht von 975 g enthielt 5 g Otolithen: 189 Exemplare und 142 kleine Bruchstücke von 13 Fischarten. Diese Zahlen dokumentieren die Bedeutung der sekundären Otolithen-Anreicherung bestimmter Fischarten in den Sedimenten durch die Silbermöwen und damit die Verfälschung der überlieferbaren Fauna.

SCHRIFTENVERZEICHNIS

AINLEY, D. G., ANDERSON, D. W. & KELLY, P. R. (1981): Feeding ecology of marine cormorants in southwestern North America. - Condor, **83**: 120-131, 2 Tab., 3 Anh.; Lebanon, New Hampshire.

BEZZEL, E. (1985): Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Nonpasseriformes. - 792 S., 198 Abb., 127 Karten, 27 Tab.; Wiesbaden (Aula).

BRONGERSMA-SANDERS, M. (1957): Mass mortality in the sea. - Geol. Soc. Amer., Memoir **67** (1): 941-1010, 7 Abb.; New York.

DIXON, M. A. (1971): Fisch otolith assemblage of a gasterolithic beach gravel. - Texas J. Sci., **23**: 179-185, 1 Tab.; Texas.

DUFFY, D. C. & LAURENSON, L. J. B. (1983): Pellets of Cape Cormorants as indicators of diet. - Condor, **85**: 305-307; Lebanon, New Hampshire.

DUNCKER, G. (1960): Die Fische der Nordmark (Bearbeitet von W. Ladiges). - Abh. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, N. F. **3** (Supplement): 432 S., 145 Abb., div. Tab., 1 Kte.; Hamburg.

GOETHE, F. (1956): Die Silbermöwe. - Neue Brehm-Bücherei, **182**: 95 S., 66 Abb., 7 Tab.; Wittenberg-Lutherstadt.

HARKÖNEN, T. (1986): Guide to the otoliths of the bony fishes of the northeast Atlantic. - 256 S., 9 Abb., 3 Tab., 97 Taf.; Hellerup (Danbiu ApS.).

HARTWIG, E. & SOHL, M. (1975): Zur Nahrung der Silbermöwe (*Larus argentatus*) auf der Nordseeinsel Sylt. I. Zusammensetzung der Nahrung. - Zool. Anz., **194** (5/6): 350-360, 1 Abb., 9 Tab.; Jena.

HARTWIG, E. & SÖHL, M. (1979): Zur Nahrung der Silbermöwe (*Larus argentatus*) auf der Nordseeinsel Sylt. II. Jahreszeitliche Zusammensetzung der Nahrung. - Abh. Gebiet Vogelkde., **6**: 67-86, 7 Abb., 3 Tab.; Wilhelmshaven.

KOKEN, E. (1884): Über Fisch-Otolithen, insbesondere über diejenigen der norddeutschen Oligocän-Ablagerungen. - Z. dt. geol. Ges., **1884**: 500-565, Taf. 9-12; Berlin.

LÖHMER, K. & VAUK, G. (1969): Nahrungsökologische Untersuchungen an übersommernden Silbermöwen (*Larus argentatus*) auf Helgoland im August/September 1967. - Bonner zool. Beitr., **20** (1/3): 110-124, 5 Abb., 8 Tab.; Bonn.

LÖHMER, K. & VAUK, G. (1970): Ein weiterer Beitrag zur Ernährung Helgoländer Silbermöwen (*Larus argentatus*). - Die Vogelwarte, **25** (3): 242-245; Stuttgart.

MARTINI, E. (1964a): Otolithen in Gewöllen der Raubseeschwalbe (*Hydroprogne caspia*). - Bonner Zool. Beitr., **15**: 59-71, 1 Abb., Taf. 1-2; Bonn.

MARTINI, E. (1964b): Ein Otolithen-Pflaster im Stettiner Gestein. - Natur u. Museum, **94** (2): 53-59, 3 Abb.; Frankfurt am Main.

MARTINI, E. (1966): Otolithen in Gewöllen der Westmöwe (*Larus occidentalis*). - Bonner Zool. Beitr., **17**: 202-227, 3 Abb., Taf. 1-2; Bonn.

MARTINI, E. (1984): Fischsterben vor 18 Millionen Jahren. - Forsch. Frankfurt, **1984** (3): 25-27, 5 Abb.; Frankfurt am Main.

PRUTER, J. & VAUK, G. (1984): Zahl und Herkunft der auf Helgoland rastenden Silbermöwen (*Larus argentatus*). - Die Vogelwarte, **32** (3): 219-225, 4 Abb.; Möggingen.

NELSON, J. S. (1984): Fishes of the world. - 2. Aufl., XV + 523 S., div. Abb.; New York (Wiley and Sons).

RICHTER, K. (1928): Fossile Fischotolithen aus Pommern. - Abh. Ber. pommersch. naturforsch. Ges., **9**: 136-145, 2 Abb., Taf. 1-3; Stettin.

SCHAFER, W. (1966): Aktuopaläontologische Beobachtungen. 6. Otolithen-Anreicherungen. - Natur und Museum, **96**: 439-444, 4 Abb.; Frankfurt am Main.

SIEBS, B. E. & WOHLENBERG, E. (1953): Helgoland und die Helgoländer. - 304 S., div. Abb.; Kiel (Ferdinand Hirt).

VAUK, G. (1962): Das Silbermöwenproblem auf Helgoland (Silbermöwe - Trottellumme). - Ber. Dtsch. Sektion Intern. Rat Vogelschutz, **2**: 47-52, 1 Tab.; Wilhelmshaven.

VAUK, G. & GRAFE, F. (1961): Fisch-Otolithen, ein wichtiges Hilfsmittel zur Nahrungsanalyse bei Lariden. - Zool. Anz., **167**: 391-394, 3 Abb., 1 Tab.; Leipzig.

VAUK, G. & LÖHMER, K. (1969): Ein weiterer Beitrag zur Ernährung der Silbermöwe (*Larus argentatus*) in der Deutschen Bucht. - Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., **12**: 157-160, 2 Tab.; Bremerhaven.

VAUK, G. & PRUTER, J. (1987): Möwen. - Jordsand-Buch 6: 299 S., div. Fotos, 86 Abb., 11 Tab.; Ahrensburg.

WHITEHEAD, P. J. P., BAUCHOT, M.-L., HUREAU, J.-C., NIELSEN, J. & TORTONESE, E. (1986) (Hrsg.): Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. I-III, 1473 S., zahlr. Abb., Bungay/United Kingdom (The Chaucer Press).